

*д.т.н. Должиков П.Н.,  
Ивлиева Е.О.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

## **ВЛИЯНИЕ ОБВОДНЕННОСТИ И ТРЕЩИНОВАТОСТИ НА ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ОСНОВАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ**

*Статья посвящена исследованию изменения деформационных свойств грунтовой толщи под влиянием обводненности и подработанности. Приведены результаты исследований физико-механических свойств грунтов. Аналитически получено общее уравнение, учитывающее деформацию пород для хаотической трещиноватости.*

***Ключевые слова:** грунты, исследования, свойства, трещиноватость, модуль деформации.*

### **Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.**

Наибольшее проседание земной поверхности с учетом количества разрабатываемых пластов и их мощности наблюдается в районах пологого залегания пород карбона на небольших глубинах, что характерно для условий Стахановского региона [1].

В результате закрытия горных предприятий методом «мокрой консервации» к уже существующим негативным последствиям прибавились новые, связанные с переувлажнением породного массива и изменением физико-механических свойств горных пород – уменьшением их прочности на сжатие и растяжение, а также уменьшением в несколько раз трещиностойкости пород, что стало причиной активизации процесса сдвижения породного массива и земной поверхности [1, 2].

Если активизация от нижних горизонтов в некоторой степени изучена и разработаны методики ее прогнозирования, то активизация от старых горных выработок, находящихся на малой глубине (до 80-150 м), практически не изучена [1]. Трудность заключается в том, что в большинстве случаев точные контуры этих горных выработок практически не известны, а применить геофизические способы обнаружения весьма затруднительно из-за большой плотности застройки территорий и большого количества коммуникаций. Выполнение исследований физико-механических

свойств грунтов позволят изучить механизм активизации деформаций породного массива при затоплении выработанного пространства и наличии старых горных выработок на малых глубинах.

**Цель работы** – исследование влияния обводненности и трещиноватости на деформационные свойства оснований фундаментов.

**Изложение материала и его результаты.** Для исследования изменений физико-механических свойств грунтов на подработанных обводненных территориях были отобраны образцы с глубины 5-15 м на участках горных отводов закрытых шахт Стахановского региона.

В геологическом строении района принимают участие отложения каменноугольного возраста свит  $C_2^2 - C_2^7$ , которые перекрыты маломощными (до 10 м) четвертичными суглинками и песчаниками. В геологическом разрезе каменноугольной толщи преобладают песчано-глинистые породы с подчиненным значением пластов известняков и углей среднего карбона. Пример геологического разреза представлен на рисунке 1.

Поскольку в массиве грунта в пределах мульды сдвига развиваются деформации сдвигов они ведут к изменению свойств грунта. По результатам исследования свойств грунтовой толщи на подработанной территории отобранные грунты характеризуются свойствами, приведенными в таблице 1.

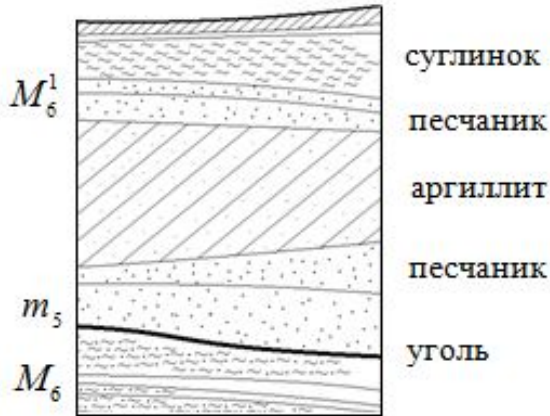


Рисунок 1 – Пример геологического разреза для Стахановского района

При исследованиях свойств обводненного грунта основными были сдвиговые и компрессионные испытания, по которым определялись прочностные и деформационные свойства соответственно.

Изучение физико-механических свойств грунтов на подрабатываемых территориях показали, что их прочностные свойства во многом зависят от плотности сложения и водонасыщения.

При одинаковой плотности сложения грунта его несущая способность с большей влажностью меньше, чем сухого. Так при

Таблица 1 – Физико-механические свойства грунтов

Показатели	Суглинок	Аргиллит
1. Удельный вес грунта, кг/м <sup>3</sup>	2600	2670
2. Объемная плотность, кг/м <sup>3</sup>	2010	2040
3. Весовая влажность, д.ед.	0,23	0,25
4. Нижний предел пластичности	0,17	0,139
5. Верхний предел пластичности	0,33	0,278
6. Число пластичности	0,16	0,14
7. Коэффициент пористости, д.ед.	0,48	0,47
8. Сцепление, МПа	0,08	0,135
9. Угол внутреннего трения, град.	23	37
10. Модуль деформации, кгс/см <sup>2</sup>	179,4	201,2

одной и той же вертикальной нагрузке с уменьшением плотности сложения в 1,5 раза сопротивление сдвигу уменьшилось в 2 раза.

Также водонасыщение грунта приводило к существенному изменению (в 2-3 раза) его сдвиговых свойств. В результате испытаний была установлена обратная экспоненциальная зависимость напряжения сдвига грунта от влажности, которая приведена на рисунке 2.

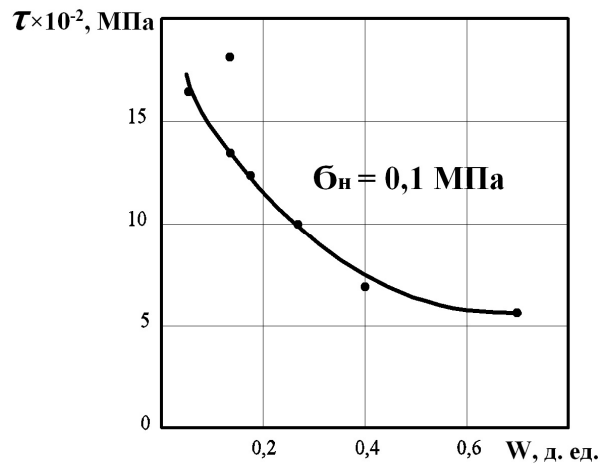
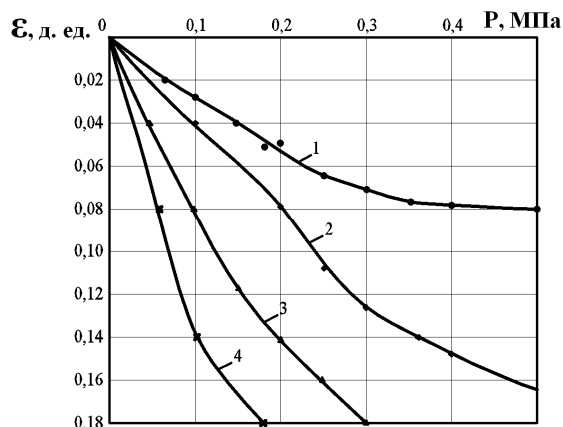


Рисунок 2 – Изменение напряжения сдвига суглинка при его увлажнении

Результаты компрессионных испытаний приведены на рисунке 3, откуда видно резкое изменение деформируемости в результате обводнения грунтов.



1 – W=0,18; 2 – W=0,20; 3 – W=0,23; 4 – W=0,30

Рисунок 3 – Зависимости относительной деформации суглинка при компрессионных испытаниях

Поскольку для оснований фундаментов наиболее важны деформационные свойства грунта и получаемая осадка были проведены исследования изменения модуля

деформации, которые представлены в таблице 2.

Следует обратить внимание на то, что при испытании отдельно взятого грунтового образца нельзя судить о напряженно-деформированном состоянии всего массива. Сложность напряженно-деформированного состояния трещиноватых скальных пород требует особого подхода к исследованию поведения массива в каждом отдельном случае. Коренные и четвертичные породы характеризуются неоднородностью и часто анизотропией, что вызвано слоистостью и трещиноватостью, которые напрямую влияют на прочность и деформируемость массивов. Основания фундаментов находятся в зоне выветрелости пород, поэтому для оценки деформируемости породного массива определялся модуль деформации с учетом хаотической трещиноватости.

Ранее задача исследования деформируемости породного массива с учетом трещиноватости рассматривалась Руппнейтом [2].

Таблица 2 – Исследования модуля деформации влажных суглинков

Влажность грунта, д.ед.	Норм. давление, МПа	Коэф. пористости, д.ед.	Коэф. сжимаемости, см <sup>2</sup> /кг	Модуль деформации, МПа×10 <sup>-1</sup>	Модуль осадки, мм/м
0,17	0,0	0,48			
	0,05	0,470	0,018	83,2	5,5
	0,1	0,463	0,014	105,6	5,0
	0,2	0,456	0,007	210,3	6,5
	0,4	0,443	0,006	227,5	8,6
0,25	0,0	0,45			
	0,1	0,44	0,08	80,5	2,6
	0,2	0,43	0,018	103,7	5,75
	0,3	0,42	0,014	181,5	9,51
	0,4	0,41	0,007	193,6	10,25

Поскольку коэффициент структурного ослабления [3] есть отношение прочности породного массива к прочности образца, то, очевидно, что деформационное ослабление будет определяться отношением:

$$k_c = \frac{\varepsilon_M \cdot E_o}{\varepsilon \cdot E_1} \quad (1)$$

Следовательно, деформация основания фундамента будет равна:

$$\varepsilon_M = k_c k_w \frac{\varepsilon \cdot E_1}{E_o}, \quad (2)$$

где  $\varepsilon$  – деформация лабораторного образца;

$E_o$  – модуль деформации основания;

$k_w$  – коэффициент обводнения.

Теперь учтем, что в случае основания в виде обводненного разуплотненного глинистого грунта в нем деформируется система каналов гидрорасчленения заполненная тампонажным раствором, т.е. сформирована искусственная трещиноватость. Если же основание представлено обводненным трещиноватым массивом скальных пород, то в результате инъекции тампонажного раствора основание будет представлено системой «грунт – трещины заполненные раствором». Поэтому при рассмотрении задачи деформирования искусственного основания следует рассматривать блочную структуру связанную тампонажным раствором в трещинах.

Исследования деформации затампонируемой породы выполнены Кипко А.Э. [4]. Было получено, что модуль деформации пород после тампонажа равен:

$$E_o = \frac{E_1}{1 + \eta}, \quad \eta = \frac{\delta(E_1 - E_p)}{(h + \delta)(E + \xi E_1)},$$

### Библиографический список

1. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины / [Гавриленко Ю.Н., Ермаков В.Н., Кренида Ю.Ф. и др.]; под ред. Ю.Н. Гавриленко, В.Н. Ермаков. – Донецк, 2004. – 631с.
2. Рупнейт К.В. Деформируемость массивов трещиноватых горных пород / К.В. Рупнейт. – М.: Недра, 1975. – 223с.
3. Шашенко А.Н. Механика горных пород: учеб. пособие / А.Н. Шашенко. – Днепропетровск: Национальная горная академия Украины, 2002. – 302с.

где  $\delta$  – раскрытие трещин;  
 $h$  – расстояние между трещинами;  
 $E_1, E_p$  – модуль деформации породы и раствора соответственно.

Для хаотической системы трещиноватости, а также с учетом ползучести породы получена общая зависимость модуля деформации грунта:

$$E_\phi = \frac{8}{5} \frac{E_1}{1 + \alpha\eta + \frac{\beta\sigma}{\xi E_1 + E_p(1 - \xi)}} \quad (3)$$

Для расчета модуля деформации затампонируемой породы следует принять [4]:  
 $\alpha \approx 1,1$ ;  $\xi = 0$ ;  $\sigma = 1$  МПа;  
 $E_p = 15 \div 20$  МПа;  $E_1 = 18 \div 22$  МПа.

При расчете деформируемости затампонируемого грунтового массива расстояние между породными блоками принимали 20см, а раскрытие трещин – 0,2÷1см.

Анализ выполненных расчетов показал, что модуль деформации затампонируемого трещиноватого породного массива возрастает в 1,5-2 раза (с 18÷22 МПа до 28÷45 МПа).

### Выводы и направление дальнейших исследований.

Прочностные и деформационные характеристики при переувлажнении грунтов оснований резко уменьшаются в 2-3 раза. Формирование искусственного основания путем тампонирувания трещиноватых пород шлакоглинистыми растворами позволяет увеличить деформационные характеристики в 1,5-2 раза и достичь стабилизации деформационного процесса.

4. Кипко А.Э. Исследования деформационных характеристик затампонированных трещиноватых пород / П.Н. Должиков, А.Э. Кипко // Научный вестник НГУ. – 2010. – №5. – С. 8-11.

*Рекомендована к печати д.т.н., проф. Дроздом Г.Я.*

*Статья поступила в редакцию 27.06.13.*

**д.т.н. Должиков П.М., Івлієва Є.О. (ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)**

**ВПЛИВ ОБВОДНЕНОСТІ ТА ТРИЩИНУВАТОСТІ НА МІЦНІСТНІ ВЛАСТИВОСТІ  
ОСНОВ ФУНДАМЕНТІВ**

*Стаття присвячена дослідженню зміни деформаційних властивостей ґрунтової товщі під впливом обводнення та підроблення. Наведено результати досліджень фізико-механічних властивостей ґрунтів. Аналітично отримано загальне рівняння, що враховує деформацію порід для хаотичної тріщинуватості.*

**Ключові слова:** ґрунти, дослідження, властивості, тріщинуватість, модуль деформації.

**Dolzhiikov P.N., Ivlieva E.O. (DonSTU, Alchevsk, Ukraine)**

**INFLUENCE WATERCUT AND OF FRACTURE ON DEFORMATIONAL PROPERTIES  
SUBFOUNDATION**

*The article is devoted to the study of changes in the deformation properties of a ground layer under the influence of water cut and underworked. The results of studies of physical and mechanical properties of soils. Analytically obtained a general equation which takes into account deformation of the rocks for a chaotic fracture.*

**Key words:** soils, research, properties, fracture, modulus of deformation.